



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 35 669.6

Anmeldetag: 3. August 2002

Anmelder/Inhaber: Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut/DE

Bezeichnung: Positionsmesseinrichtung

IPC: G 01 B, H 01 S

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trade Mark Office.

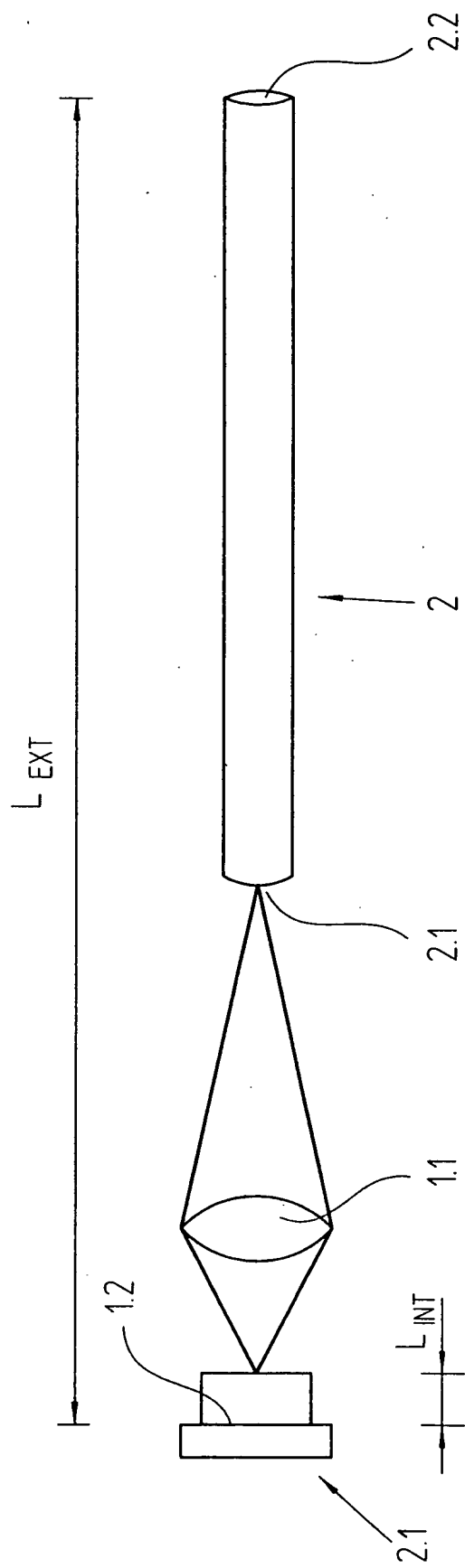
Agurks

Zusammenfassung

Positionsmesseinrichtung

=====

- Es wird eine Positionsmesseinrichtung angegeben, die zur Bestimmung der Relativposition zweier Objekte dient. Die Positionsmesseinrichtung umfasst eine Lichtquelle und Signalerzeugungsmittel zur Erzeugung verschiebungsabhängiger Ausgangssignale. Die Lichtquelle ist als Singlemode-Laserlichtquelle ausgebildet und wechselwirkt derart mit Rückkopplungsmitteln, dass
- 5 in der Singlemode-Laserlichtquelle eine Anregung mehrerer Moden erfolgt und ein Multimode-Betrieb der Singlemode-Laserlichtquelle resultiert (Figur 3).



Positionsmesseinrichtung

=====

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Positionsmesseinrichtung.

Zur hochpräzisen Positionsmessung sind Positionsmesseinrichtungen auf optischer Basis bekannt, die zur Erzeugung verschiebungsabhängiger Ausgangssignale Interferenzerscheinungen zwischen verschiedenen zu überlagernden Teilstrahlenbündeln nutzen. In derartigen Positionsmesseinrichtungen werden oftmals Laser als Lichtquellen eingesetzt, die Strahlung mit hinreichenden Kohärenzeigenschaften liefern. Bei den verwendeten Lasern kann es sich z.B. um Gaslaser, Festkörperlaser oder aber um Halbleiterlaser bzw. Laserdioden handeln. Erstere werden etwa in als Interferometern ausgebildeten Positionsmesseinrichtungen eingesetzt, letztere in Positionsmesseinrichtungen, die zur Erzeugung verschiebungsabhängiger Ausgangssignale u.a. ein oder mehrere Gitter umfassen. In beiden Laser-Typen ist eine Stabilisierung der gelieferten Wellenlänge nötig, da im Fall von Schwankungen der jeweiligen Wellenlänge Fehlmessungen bei der Positionsbestimmung resultieren würden.

Eine langsame Drift der gelieferten Wellenlänge hat insbesondere bei der Verwendung in Verbindung mit Interferometern eine Veränderung der gemessenen Position zur Folge; der entsprechende Einfluss bei Gitter-Positionsmesseinrichtungen ist diesbezüglich geringer.

5

In vielen Mess-Situationen spielt eine langsame Drift der jeweiligen Wellenlänge eine geringe Rolle, wenn etwa nur Relativmessungen in sehr kurzer Zeit durchgeführt werden müssen. Kritisch ist hingegen auch in solchen Applikationen, wenn schnelle Änderungen in der jeweiligen Wellenlänge auftreten. Gerade dies kann aber bei Singlemode-Lasern verschiedensten Typs auftreten, also sowohl bei Gas-, Festkörper oder Halbleiter-Lasern. Der Grund hierfür liegt in den unterschiedlichen Abhängigkeiten des Verstärkungsprofiles und der Resonatormoden von der Temperatur oder anderen Einflussgrößen. Wenn sich das Maximum des Verstärkungsprofiles zu weit von einer Resonatormode verschoben hat springt die Laser-Wellenlänge zu einer benachbarten Resonatormode. In der Praxis ist hierfür i.w. die Temperatur maßgeblich.

Eine erste Möglichkeit zur Lösung dieses Problemes besteht darin, eine Wellenlängenstabilisierung auf Seiten des jeweiligen Lasers vorzunehmen, wie dies in der US 5,161,165 offenbart ist. In dieser Druckschrift wird vorgeschlagen, mit Hilfe eines externen Etalons den Multimode-Betrieb einer Laserdiode gezielt zu unterdrücken. Dieses Vorgehen erfordert jedoch einen relativ großen Aufwand.

25

Alternativ ist z.B. aus der US 5,198,873 bekannt, anstelle einer sog. Singlemode-Laserdiode eine Multimode-Laserdiode zu verwenden, die ein relativ dichtes Modenspektrum besitzt und bei der im Fall kleiner Temperaturschwankungen nur geringfügige Wellenlängenänderungen resultieren. Derartige Multimode-Laserdioden liefern jedoch nicht die benötigten Strahlungsleistungen, insbesondere wenn die Strahlung der Lichtquelle einem Abtastkopf mit den Signalerzeugungsmitteln über eine lichtleitende Faser zugeführt werden soll. Bei benötigten Strahlungsleistungen von 10mW im

30

Abtastkopf der Positionsmesseinrichtung kann eine solche Lichtquelle nicht verwendet werden.

5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Positionsmesseinrichtung anzugeben, die eine Lichtquelle mit hinreichender Ausgangsleistung besitzt und welche auch bei eventuellen Temperaturänderungen möglichst keine sprunghaften Änderungen in der emittierten Wellenlänge zeigt.

10 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Positionsmesseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1.

Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung ergeben sich aus den Maßnahmen, die in den von Anspruch 1 abhängigen Patentansprüchen aufgeführt sind.

15 Erfindungsgemäß wird nunmehr als Lichtquelle eine Singlemode-Laserlichtquelle mit hinreichender Ausgangsleistung verwendet, die mit Rückkopplungsmitteln derart wechselwirkt, dass in der Singlemode-Laserlichtquelle eine Anregung mehrerer eng benachbarter externer Moden erfolgt und so
20 ein Quasi-Multimode-Betrieb der Singlemode-Laserlichtquelle resultiert. Nachfolgend sei in diesem Zusammenhang lediglich von einem Multimode-Betrieb die Rede.

25 Vorzugsweise dient eine Singlemode-Laserdiode, d.h. ein Halbleiter-Laser, als Singlemode-Laserlichtquelle in der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung. Grundsätzlich können aber auch andere Lasertypen wie Gaslaser oder Festkörperlaser als Singlemode-Laserlichtquellen eingesetzt werden.

30 Durch die gezielte Rückkopplung der emittierten Strahlung in den Resonator der Singlemode-Laserlichtquelle ergibt sich eine Störung des Laserbetriebes dergestalt, dass die Singlemode-Laser Singlemode-Laserlichtquelle in einen Multimode-Betrieb übergeht. Hierbei ist das resultierende Modenspektrum sehr dicht; gleichzeitig sind mehrere benachbarte Moden besetzt.

Eine eventuelle Temperaturänderung hat dann keinen Modensprung mit den entsprechenden unerwünschten Konsequenzen zur Folge, sondern es erfolgt lediglich eine temperaturabhängige, langsame Umbesetzung der beteiligten, eng verteilten Moden. Entsprechend geringer sind die Auswirkungen einer eventuellen Temperaturänderung auf die Ausgangswellenlänge der Lichtquelle. Gleichzeitig liefert die Singlemode-Laserlichtquelle eine hinreichende Strahlungsleistung, um beispielsweise die erzeugte Strahlung einem Abtastkopf über eine lichtleitende Faser zuzuführen.

10 In Bezug auf die Rückkopplungsmittel, mit denen die Singlemode-Laserlichtquelle wechselwirkt, existieren verschiedene Ausführungsmöglichkeiten, die je nach den vorliegenden Anforderungen realisierbar sind.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen lassen sich in Verbindung mit Positionsmesseinrichtungen einsetzen, in denen ein oder mehrere Gitter zur Erzeugung verschiebungsabhängiger Ausgangssignale verwendet werden und in denen eine Teilungsperiode eines Maßstabgitters als Messnormal fungiert. Alternativ kann die erfindungsgemäße Positionsmesseinrichtung auch als Interferometer ausgebildet sein, bei dem die Wellenlänge der von der Lichtquelle erzeugten Strahlung als Messnormal dient.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Figuren.

25
Dabei zeigt

Figur 1 eine schematisierte Darstellung des Abtaststrahlenganges einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung;

Figur 2 eine schematisierte räumliche Darstellung des Ausführungsbeispiels aus Figur 1;

- Figur 3 einen vergrößerten Ausschnitt der Darstellung aus Figur 1 mit einer als Singlemode-Laserdiode ausgebildeten Singlemode-Laserlichtquelle, der vorgeordneten lichtleitenden Faser sowie Rückkopplungsmitteln;
- Figur 4a, 4b je eine schematisierte Darstellung des resultierenden Modenspektrums einer erfindungsgemäß betriebenen Singlemode-Laserdiode aus Figur 1 vor und nach einer eventuellen Temperaturänderung;
- Figur 5a - 5e je eine Darstellung mit alternativen Möglichkeiten zur Ausbildung der Rückkopplungsmittel.
- In Figur 1 ist in einer schematisierten Darstellung der vollständige, entfaltete Abtastrahlengang eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung dargestellt. Im Fall dieser Ausführungsform handelt es sich um eine Positionsmesseinrichtung basierend auf dem interferenziellen Prinzip, die u.a. mehrere Gitter zur Signalerzeugung verwendet. Nachfolgend sei kurz das Prinzip der Signalerzeugung erläutert, bevor anschließend im Detail auf die erfindungsgemäßen Maßnahmen im Zusammenhang mit der eingesetzten Lichtquelle eingegangen wird.
- Die erfindungsgemäße Positionsmesseinrichtung umfasst eine Lichtquelle 1 in Form einer Singlemode-Laserlichtquelle; im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Singlemode-Laserlichtquelle hierbei als Singlemode-Laserdiode ausgebildet, deren emittierte Strahlung über eine lichtleitende Faser 2 den nachfolgend angeordneten Elementen zugeführt wird; letztere seien im Verlauf der weiteren Beschreibung als Signalerzeugungsmittel bezeichnet und dienen zur Erzeugung der verschiebungsabhängigen Ausgangssignale. Wie bereits eingangs angedeutet, können alternativ zur dargestellten Ausführungsform die Signalerzeugungsmittel auch anderweitig ausgebildet werden, etwa in einem bekannten Interferometeraufbau usw..

Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 gelangt die von der Faser 2 zugeführte Strahlung über eine Kollimatoroptik 3 und einen Polarisator 4 auf ein Maßstabgitter 5. Dem Maßstabgitter 5 nachgeordnet ist ein Abtastgitter 6, das an einem Rückreflexionselement 7 in Form eines Dachkantprismas angeordnet ist. Am Dachkantprisma sind ferner zwei weitere polarisationsoptische Elemente 8.1, 8.2, ausgebildet als $\lambda/4$ -Plättchen, angeordnet. Detektionsseitig sind in der dargestellten Ausführungsform ein weiteres Gitter 9 und mehrere Polarisatoren 10.1, 10.2, 10.3 vorgesehen, denen wiederum lichtleitende Fasern 11.1, 11.2, 11.3 und optoelektronische Detektorelemente 12.1, 12.2, 12.3 nachgeordnet sind, an denen die verschiebungsabhängigen Ausgangssignale S_{-120° , S_{0° , S_{120° anliegen.

Eine räumliche Darstellung der Positionsmesseinrichtung aus Figur 1 ist in Figur 2 gezeigt. Aus dieser Ansicht ist insbesondere die räumliche Anordnung der Signalerzeugungsmittel ersichtlich.

Die Strahlung der Lichtquelle 1 wird in der konkreten Ausführungsform über die lichtleitende Faser 2 der Abtasteinheit 10 zugeführt, d.h. die Faser-Auskoppelfläche 2.2 ist mit der Abtasteinheit 10 verbunden, einkoppelseitig ist die Lichtquelle 1 in einer festen räumlichen Anordnung zur Einkoppelfläche 2.1 angeordnet. Die Abtasteinheit 10 enthält einen Teil der oben erläuterten Signalerzeugungsmittel. Hierzu gehören neben dem Rückreflexionselement 7 ferner das Abtastgitter 6 und die beiden polarisationsoptischen Elemente 8.1, 8.2 bzw. $\lambda/4$ -Plättchen.

Wie ebenfalls aus Figur 2 ersichtlich, ist die Abtasteinheit 10 gegenüber dem Maßstabgitter 5 in Richtung x verschiebbar angeordnet. Mit der Abtasteinheit 10 einerseits und dem Maßstabgitter 5 andererseits sind demzufolge die beiden Objekte verbunden, deren Relativposition mit Hilfe der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung zu bestimmen ist.

Ferner ist aus Figur 2 ersichtlich, dass ähnlich wie die Lichtquelle 1 auch die Detektorelemente 12.1, 12.2, 12.3 räumlich entfernt von der Abtasteinheit 10 angeordnet sind. Die zu detektierende Strahlung wird nach der resultieren-

den Wechselwirkung mit dem Maßstabgitter 5 und dem Abtastgitter 6 über die lichtleitenden Fasern 11.1, 11.2, 11.3 von der Abtasteinheit 10 den Detektorelementen 12.1, 12.2, 12.3 zugeführt. Im Fall der Relativbewegung der beiden Objekte bzw. von Abtasteinheit 10 und Maßstabgitter 5, sind dann
5 über die Detektorelemente 12.1, 12.2, 12.3 die verschiebungsabhängigen periodischen Ausgangssignale S_{-120° , S_{0° , S_{120° detektierbar. Von den Detektorelementen 12.1, 12.2, 12.3 wiederum werden die detektierten Ausgangssignale S_{-120° , S_{0° , S_{120° zur Weiterverarbeitung einer - nicht dargestellten - Folgeelektronik zugeführt.

10

In Bezug auf die konkrete Signalerzeugung in der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung sei an dieser Stelle abschließend ergänzend auf die WO 02/23131 der Anmelderin verwiesen.

15 Anhand von Figur 3 seien nachfolgend die erfindungsgemäßen Maßnahmen in Bezug auf die verwendete Lichtquelle anhand eines ersten Ausführungsbeispiels erläutert. Wie bereits oben erläutert, wird als Lichtquelle 1 eine Singlemode-Laserdiode verwendet, wie sie beispielsweise von der Firma *SANYO Semiconductor Corp.* unter der Typenbezeichnung *DL 7140-201*
20 erhältlich ist.

Der Lichtquelle 1 vorgeordnet ist eine Einkoppeloptik 1.1 in Form einer geeigneten Linse oder ggf. eines Mehrlinsensystems, über die die von der Lichtquelle 1 emittierte Strahlung auf die Einkoppelfläche 2.1 der lichtleitenden Faser 2 fokussiert wird. Mittels der lichtleitenden Faser 2 wird die
25 Strahlung nach dem Austritt aus der Auskoppelfläche 2.2 den vorher erläuterten Signalerzeugungsmitteln zugeführt; letztere sind in Figur 3 nicht dargestellt.

30 Sowohl im Beispiel der Figur 3 wie auch in alternativen Ausführungsvarianten werden jeweils ergänzend zur Lichtquelle 1 vorgesehene Rückkopplungsmittel dazu verwendet, die verwendete Singlemode-Laserlichtquelle bzw. im vorliegenden Beispiel die Singlemode-Laserdiode in einem Multimode-Betrieb zu betreiben, der Vorteile hinsichtlich der Temperaturabhän-

gigkeit der emittierten Strahlungswellenlänge λ bietet. Über die Rückkopplungsmittel wird jeweils ein externer Resonator gebildet, dessen Resonatorlänge L_{EXT} in definierter Art und Weise so gewählt wird, dass nicht mehr nur eine einzige Mode - wie durch die deutlich kleinere interne Resonatorlänge L_{INT} der Laserdiode vorgegeben - angeregt wird, sondern eine gleichzeitige Anregung mehrerer Moden resultiert, die statistisch fluktuieren, jedoch immer gleichzeitig angeregt sind. Auf diese Art und Weise resultiert demzufolge ein (Quasi-) Multimode-Betrieb der eigentlichen Singlemode-Laserdiode, bei dem neben der guten Stabilität gegenüber temperaturbedingten Wellenlängenschwankungen auch eine hinreichende Strahlungs-Ausgangsleistung sichergestellt ist. Im Fall von - nicht zu verhindernden - Temperaturschwankungen treten somit insbesondere keine Modensprünge und damit Sprünge in der emittierten Strahlungswellenlänge λ mehr auf. Es resultieren demgegenüber lediglich kleine Änderungen der emittierten Strahlungswellenlänge λ aufgrund der temperaturbedingten langsamen und kontinuierlichen Umbesetzung aller beteiligten, eng verteilten Moden.

In Figur 4a das resultierende Modenspektrum einer erfindungsgemäß betriebenen Singlemode-Laserdiode vor einer Temperaturänderung in schematischer Form dargestellt. Deutlich erkennbar ist hierbei die enge Verteilung der resultierenden Moden, die nunmehr aufgrund der deutlich größeren externen Resonatorlänge $L_{EXT} \approx 1 - 10 \text{ m}$ nur noch einen gegenseitigen Wellenlängenabstand $\Delta\lambda \approx 2 \cdot 10^{-4} \text{ nm}$ aufweisen. Ohne die erfindungsgemäßen Maßnahmen liegt in Verbindung mit der deutlich kleineren internen Resonatorlänge $L_{INT} \approx 1 - 2 \text{ mm}$ der Singlemode-Laserdiode demgegenüber der gegenseitige Wellenlängenabstand $\Delta\lambda$ benachbarter Moden etwa bei $\Delta\lambda \approx 0.2 \text{ nm} - 0.3 \text{ nm}$.

In Figur 4b ist das nach einer eventuellen Temperaturänderung resultierende Modensprektum veranschaulicht. Durch die strichlinierten Verbindungslinien zwischen den einzelnen Moden in den Figuren 4a und 4b soll die Umbesetzung der verschiedenen Moden innerhalb des Verstärkungsprofiles veranschaulicht werden nach einer Temperaturänderung .

Zur Ausbildung eines externen Resonators bzw. zur Ausbildung geeigneter Rückkopplungsmittel, über die dies bewerkstelligt wird, stehen verschiedene Ausführungsmöglichkeiten zur Verfügung. Im dargestellten Beispiel der Figur 3 ist als Rückkopplungsmittel ein teilreflektierendes Reflektorelement außerhalb der Singlemode-Laserdiode vorgesehen, das durch die Faser-Auskoppelfläche 2.2 gebildet wird. Der externe Resonator umfasst in dieser Variante demzufolge einerseits die Faser-Auskoppelfläche 2.2, die einen Teil der emittierten Strahlung wieder in die Singlemode-Laserdiode zurückreflektiert. Andererseits umfasst der externe Resonator eine Reflektorfläche 1.2 innerhalb der Singlemode-Laserdiode. Durch die Resonatorlänge L_{EXT} ist dann wie oben erläutert der geringe Wellenlängenabstand $\Delta\lambda$ der angeregten benachbarten Moden vorgegeben.

Die Faser-Auskoppelfläche 2.2 reflektiert in diesem Ausführungsbeispiel einen bestimmten Anteil der auftreffenden Strahlungsintensität in die Singlemode-Laserdiode zurück; ohne weitere Maßnahmen beträgt die rückreflektierte Intensität in etwa 4% der Strahlungsleistung. Dies ist für den erfindungsgemäßen Betrieb der Singlemode-Laserdiode ausreichend; ggf. reichen auch bereits geringere zurückreflektierte Strahlungsleistungen. Je nach Anforderung kann aber auch ein größerer Anteil der Strahlungsintensität zurückreflektiert werden. Um diese Rückreflexionseigenschaften der Faser-Auskoppelfläche 2.2 zu erzielen, kann diese auch zusätzlich geeignet verspiegelt bzw. reflektierend ausgebildet sein; alternativ hierzu kann eine Teil-Entspiegelung derselben vorgesehen werden etc.. Es existieren demzufolge verschiedenste, dem Fachmann geläufige Möglichkeiten, wie die Rückreflexionseigenschaften der Faser-Auskoppelfläche 2.2 entsprechend realisierbar sind, um derart den externen Resonator auszubilden.

Im Fall einer Ausführung gemäß Figur 3 erweist sich ferner als vorteilhaft, wenn die Oberflächen der verwendeten Einkoppeloptik 1.1 eine antireflektierende Beschichtung aufweisen. Damit wird sichergestellt, dass von diesen Oberflächen nicht bereits signifikante Strahlungsanteile in den Resonator der Singlemode-Laserdiode zurückgekoppelt werden. Wie oben diskutiert, ist der angestrebte kleine gegenseitige Wellenlängenabstand $\Delta\lambda$ benach-

barter Moden umso geringer, je länger die externe Resonatorlänge L_{EXT} gewählt wird.

Alternativ zur Variante aus Figur 3 kann als zumindest teilreflektierendes
5 Reflektorelement bzw. Rückkopplungsmittel auch die Faser-Einkoppelfläche
2.1 der verwendeten Faser 2 fungieren. Die Faser-Auskoppelfläche 2.2 wäre
in diesem Fall dann vorzugsweise vollständig entspiegelt auszubilden, wäh-
rend die Faser-Einkoppelfläche 2.1 zumindest einen Teil der Strahlung wie-
der in Richtung der Singlemode-Laserdiode zurückreflektiert. Der externe
10 Resonator würde dann durch die Faser-Einkoppelfläche 2.1 und die interne
Reflektorfläche 1.2 der Singlemode-Laserdiode gebildet. Im Vergleich zum
vorherigen Beispiel ergäbe sich eine externe Resonatorlänge L_{EXT} , die dann
entsprechend um die Länge der lichtleitenden Faser 2 verkleinert wäre.

15 Anhand der Figuren 5a - 5e seien nachfolgend noch weitere Möglichkeiten
zur Ausbildung der Rückkopplungsmittel und damit zur Ausbildung eines
externen Resonators erläutert, worüber der erfindungsgemäße Multimode-
Betrieb der Singlemode-Laserlichtquelle bzw. im vorliegenden Beispiel der
Singlemode-Laserdiode realisierbar ist.

20

In der Variante gemäß Figur 5a ist der Lichtquelle 11 und der Einkoppeloptik
11.1 eine lichtleitende Faser nachgeordnet, die aus zwei Faserabschnitten
12a, 12b zusammengesetzt ist. Die Endflächen 12.3, 12.4 der beiden Fa-
serabschnitte 12a, 12b befinden sich über eine geeignete - nicht dargestellte -
25 Steckverbindung in Kontakt miteinander. Eine der beiden Endflächen 12.3
oder 12.4 ist jedoch teilverspiegelt und fungiert somit als externes, teilreflek-
tierendes Reflektorelement zur Bildung des externen Resonators mit der
Resonatorlänge L_{EXT} . Die restlichen Planflächen, wie etwa auf Seiten der
zweilinsigen Einkoppeloptik 11.1 oder aber die Faser-Einkoppelfläche 12.1
30 und die Faser-Auskoppelfläche 12.2 sind nicht-reflektierend beschichtet.

In Figur 5b ist eine weitere Möglichkeit zur Ausbildung der Rückkopplungs-
mittel schematisch dargestellt. Hier dient nunmehr eine Planfläche 21.1a der
zweilinsigen Einkoppeloptik 21.1 als teilreflektierendes Reflektorelement. Zu

diesem Zweck reicht es aus, diese Planfläche 21.1a nicht antireflektierend zu beschichten. Es resultiert eine Rückreflexion in die als Singlemode-Laserdiode ausgebildete Lichtquelle 21, damit ein externer Resonator der Länge L_{EXT} ausgebildet wird. Sonstige Maßnahmen auf Seiten der nachgeordneten lichtleitenden Faser 22 sind nicht erforderlich.

Gemäß der Ausführung in Figur 5c ist der Lichtquelle 31 in Form einer Singlemode-Laserdiode eine antireflektierend beschichtete Einkoppeloptik 31.1 und eine lichtleitende Faser 32 nachgeordnet. Benachbart zur Auskoppelfläche 32.2 der lichtleitenden Faser 32 ist eine weitere Linse 33 zur Strahlformung der Strahlung angeordnet, die aus der Auskoppelfläche 32.2 ausgekoppelt wird. Die Linse 33 besitzt eine Planfläche 33.1, die als teilreflektierendes Reflektorelement fungiert und eine teilweise Rückreflexion der auftreffenden Strahlung in den Resonator der Singlemode-Laserdiode bewirkt, so dass derart wiederum eine Ausbildung eines externen Resonators der Resonatorlänge L_{EXT} resultiert. Es reicht zu diesem Zweck aus, die Planfläche 33.1 der Linse 33 nicht antireflektierend auszulegen.

Eine weitere Ausführungsmöglichkeit für die Rückkopplungsmittel in Form eines teilreflektierenden Reflektorelementes ist in Figur 5d veranschaulicht. Der Lichtquelle 41 und der Einkoppeloptik 41.1 ist eine zwei- oder ggf. mehrteilige lichtleitende Faser aus zwei oder ggf. mehr Faserabschnitten 42a, 42b nachgeordnet. Im Unterschied zur Variante aus Figur 5a befinden sich die gegenüberliegenden Endflächen 42.3, 42.4 der Faserabschnitte 42a, 42b nunmehr nicht über eine Steckverbindung in direktem Kontakt miteinander. Es ist vielmehr ein Luftspalt zwischen den Endflächen vorgesehen, so dass an der ersten Endfläche 42.3 eine teilweise Rückreflexion der auftreffenden Strahlung in den Resonator erfolgt. Die resultierende externe Resonatorlänge L_{EXT} ist in Figur 5d ebenfalls wieder veranschaulicht.

30

In der Variante gemäß Figur 5e ist vorgesehen, zwischen der Lichtquelle 51 und der Einkoppeloptik 52.1 einen Strahlteiler 54 anzuordnen, der einen Teil der einfallenden Strahlungsintensität auskoppelt und in Richtung eines Re-

flexionsgitters 55 umlenkt; vom Reflexionsgitter 55 erfolgt eine Rückreflexion der einfallenden Strahlung in Richtung des Resonators.

5 In einer weiteren - nicht dargestellten - Variante zur Ausbildung der Rückkopplungsmittel ist es möglich, einen teilreflektierenden Spiegel außerhalb des Resonators der Singlemode-Laserdiode anzuordnen und einen Teil der einfallenden Strahlung derart wieder rückzukoppeln.

10 Neben den erläuterten Varianten existieren im Rahmen der vorliegenden Erfindung selbstverständlich noch weitere Möglichkeiten zur Ausbildung der Rückkopplungsmittel.

Ansprüche

=====

1. Positionsmesseinrichtung zur Bestimmung der Relativposition zweier Objekte, bestehend aus einer Lichtquelle (1; 11; 21; 31; 41; 51) und Signalerzeugungsmitteln zur Erzeugung verschiebungsabhängiger Ausgangssignale (S_{-120° , S_0 , S_{120}), wobei die Lichtquelle (1; 11; 21; 31; 41; 51) als Singlemode-Laserlichtquelle ausgebildet ist und mit Rückkopplungsmitteln derart wechselwirkt, dass in der Singlemode-Laserlichtquelle eine Anregung mehrerer Moden erfolgt und ein Multimode-Betrieb der Singlemode-Laserlichtquelle resultiert.
- 10 2. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei vor der Lichtquelle (1; 11; 21; 31; 41; 51) mindestens eine lichtleitende Faser (2; 12; 32; 42; 52) angeordnet ist und über eine Faser-Einkoppelfläche (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) eine Einkopplung der von der Lichtquelle (1; 11; 21; 31; 41; 51) emittierten Strahlung in die Faser (2; 12; 22; 32; 42; 52) erfolgt und über eine Faser-Auskoppelfläche (2.2; 12.2; 22.2; 32.2; 42.2; 52.2) eine Zuführung der emittierten Strahlung zu den Signalerzeugungsmitteln erfolgt.
- 15 3. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei als Rückkopplungsmittel ein zumindest teilreflektierendes Reflektorelement dient, auf das zumindest ein Teil der emittierten Strahlung der Singlemode-Laserlichtquelle auftrifft und über das eine Rückreflexion der Strahlung in die Singlemode-Laserlichtquelle resultiert.
- 20

4. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2 und 3, wobei zumindest entweder die Faser-Einkoppelfläche (2.1) oder die Faser-Auskoppelfläche (2.2) als teilreflektierendes Reflektorelement ausgebildet sind.
- 5 5. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2 und 3, wobei mehrere Faserabschnitte (12a, 12b; 42a, 42b) zur Zuführung der emittierten Strahlung zu den Signalerzeugungsmitteln dienen und eine der gegenüberliegenden Endflächen (12.3, 12.4; 42.3, 42.4) benachbarter Faserabschnitte (12a, 12b; 42a, 42b) als teilreflektierendes Reflektorelement ausgebildet ist.
10
6. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 5, wobei die beiden gegenüberliegenden Endflächen (12.3, 12.4) benachbarter Faserabschnitte (12a, 12b) mittels einer optischen Steckverbindung miteinander
15 in Kontakt sind.
7. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 5, wobei sich zwischen den beiden gegenüberliegenden Endflächen (42.3, 42.4) benachbarter Faserabschnitte (42a, 42b) ein Luftspalt befindet.
20
8. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2 und 3, wobei vor der Einkoppelfläche der lichtleitenden Faser (22) eine Einkoppeloptik (21.1) angeordnet ist, die mindestens eine Fläche (21.a) besitzt, die als teilreflektierendes Reflektorelement fungiert.
25
9. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2 und 3, wobei der Auskoppelfläche (32.2) der lichtleitenden Faser (42) eine Auskoppeloptik (33) nachgeordnet ist, die mindestens eine Fläche (33.1) besitzt, die als teilreflektierendes Reflektorelement fungiert.
30
10. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 3, wobei der Lichtquelle (51) ein Strahlteiler (54) nachgeordnet ist, das einen Teil der Strahlungsintensität auskoppelt und auf ein Reflexionsgitter (55) umlenkt, von

dem aus eine Rückreflexion der Strahlung in die Singlemode-Laserdiode resultiert.

- 5 11. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 3, wobei ein teildurchlässiger Spiegel als Reflektorelement dient, der außerhalb der Laserdiode angeordnet ist.
12. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Singlemode-Laserlichtquelle als Singlemode-Laserdiode ausgebildet ist.
- 10 13. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Signalerzeugungsmittel mindestens ein Abtastgitter (6), ein Maßstabgitter (5) sowie ein oder mehrere optoelektronische Detektorelemente (12.1, 12.2, 12.3) umfassen.
- 15 14. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 13, wobei das Abtastgitter (6) und das mindestens eine optoelektronische Detektorelement (12.1, 12.2, 12.3) in einer Abtasteinheit (10) angeordnet sind, die mit einem der beiden Objekte verbunden ist, während das Maßstabgitter (5) mit dem anderen der beiden Objekte verbunden ist.
- 20 15. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2 und 14, wobei die Faser-Auskoppelfläche (2.2) mit der Abtasteinheit (10) verbunden ist und die Strahlung der Lichtquelle (1) der Abtasteinheit (10) zuführt.
- 25 16. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 15, wobei die von der Faser-Auskoppelfläche (2.1) ausgekoppelte Strahlung nach der Wechselwirkung mit dem Abtastgitter (6) und dem Maßstabgitter (5) auf das mindestens eine optoelektronische Detektorelement (12.1, 12.2, 12.3) trifft und über das Detektorelement (12.1, 12.2, 12.3) im Fall der Relativbewegung der beiden Objekte zueinander das verschiebungsabhängige mindestens eine Ausgangssignal (S_{-120° , S_{0° , S_{120°) detektierbar ist.
- 30

FIG. 1

1/6

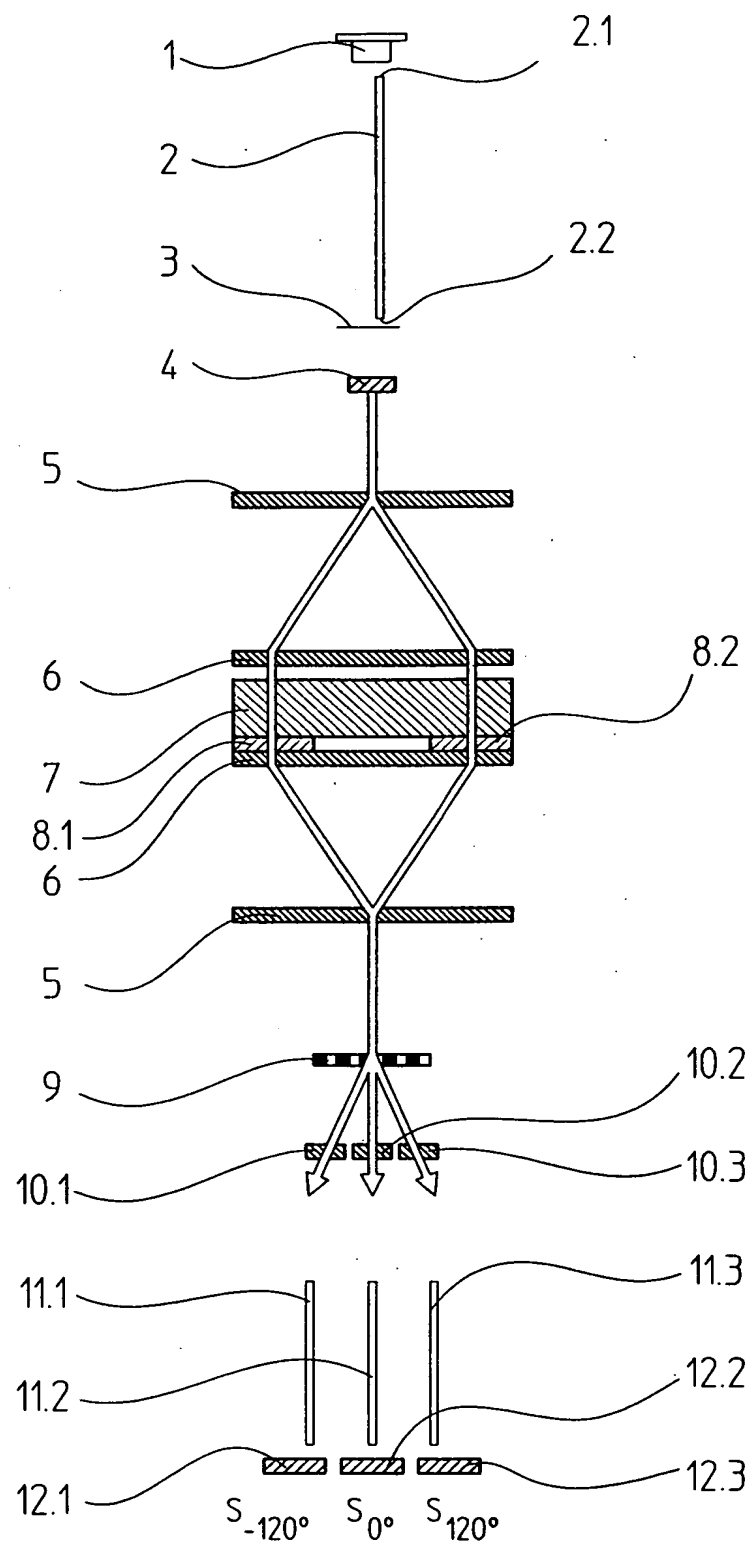


FIG. 2

2/6

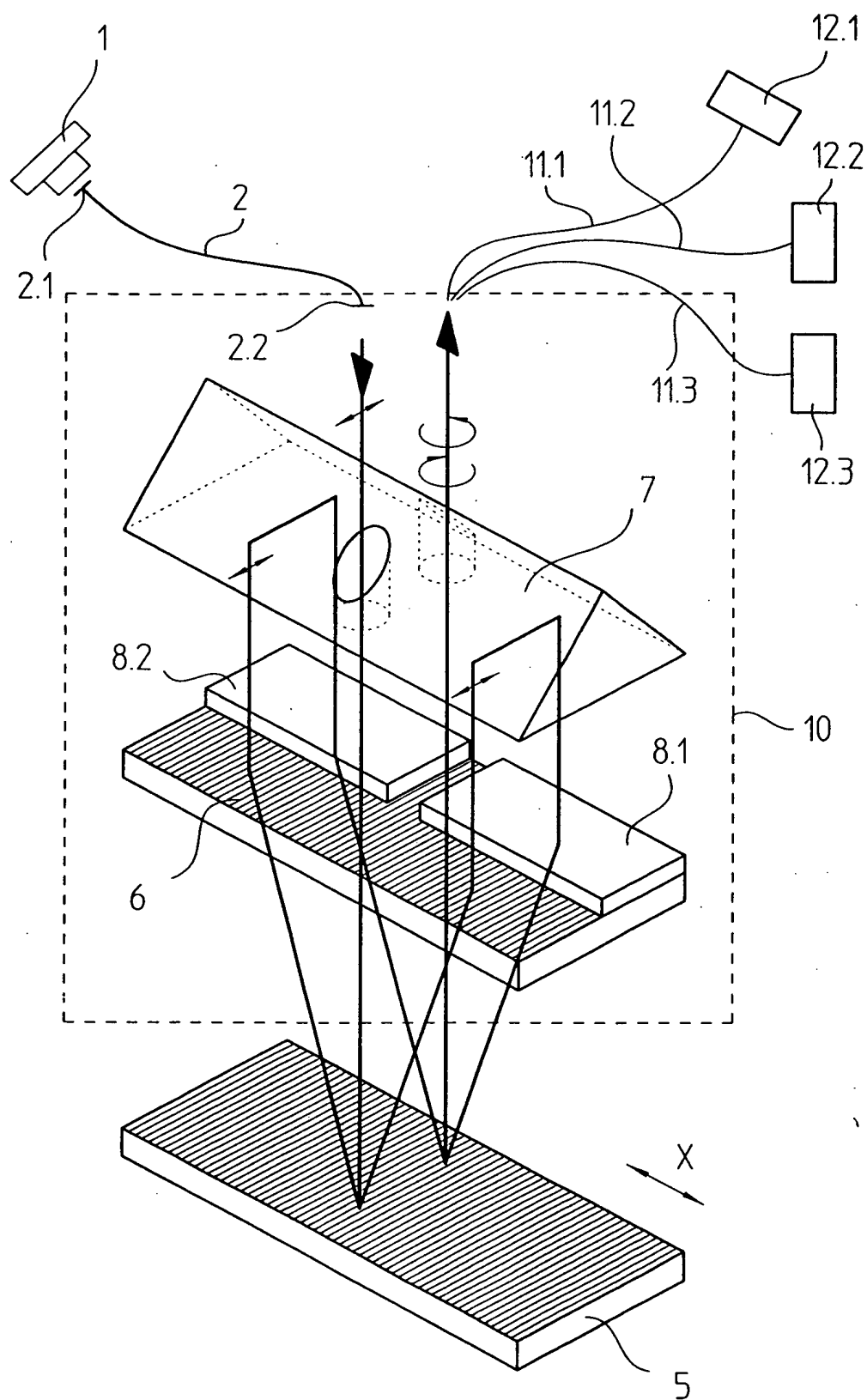


FIG. 3

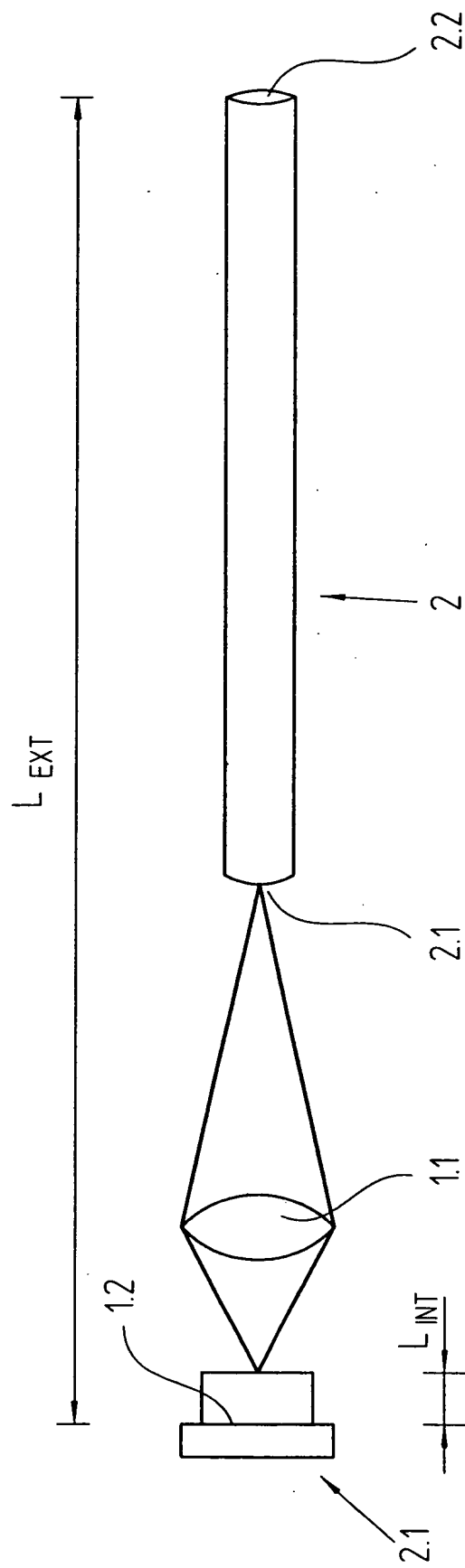


FIG. 4a

4/6

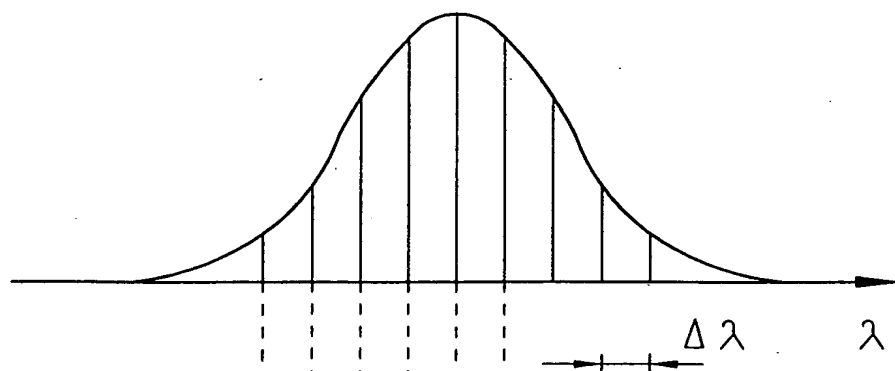


FIG. 4b

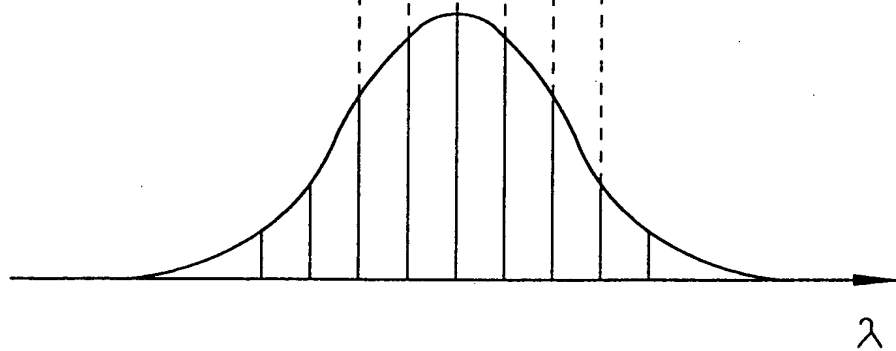


FIG. 5a

5/6

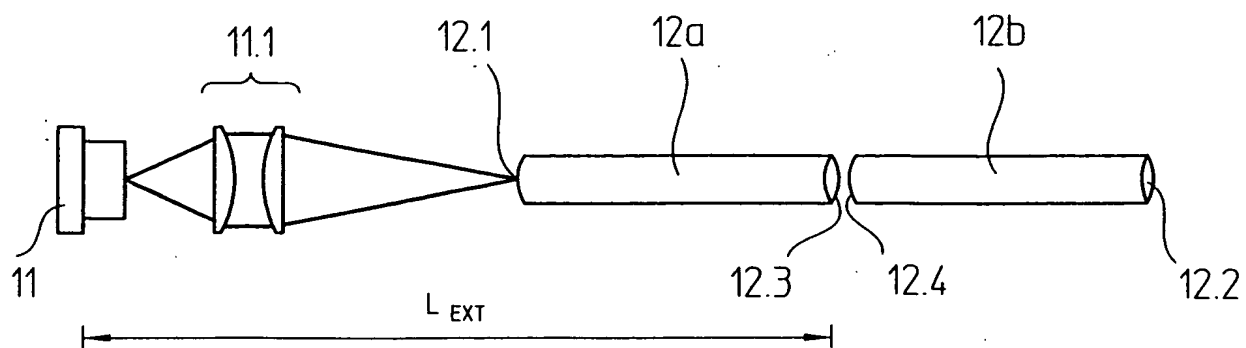


FIG. 5b

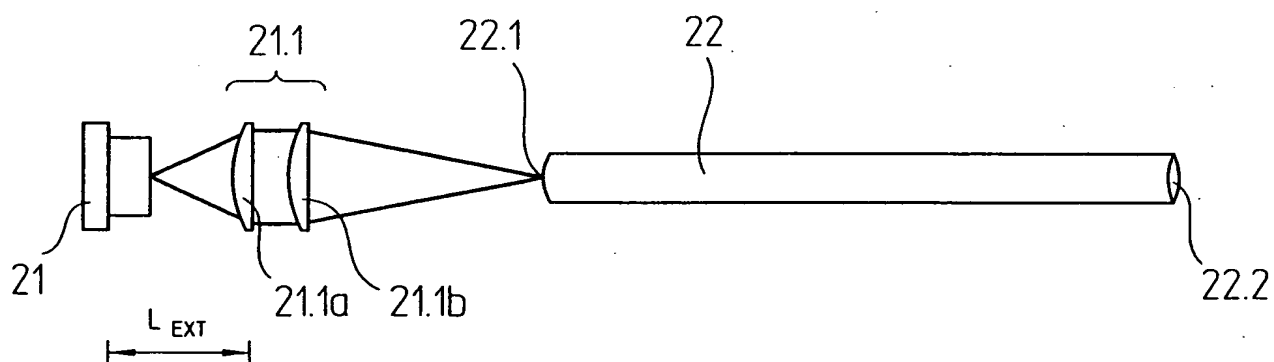


FIG. 5c

6/6

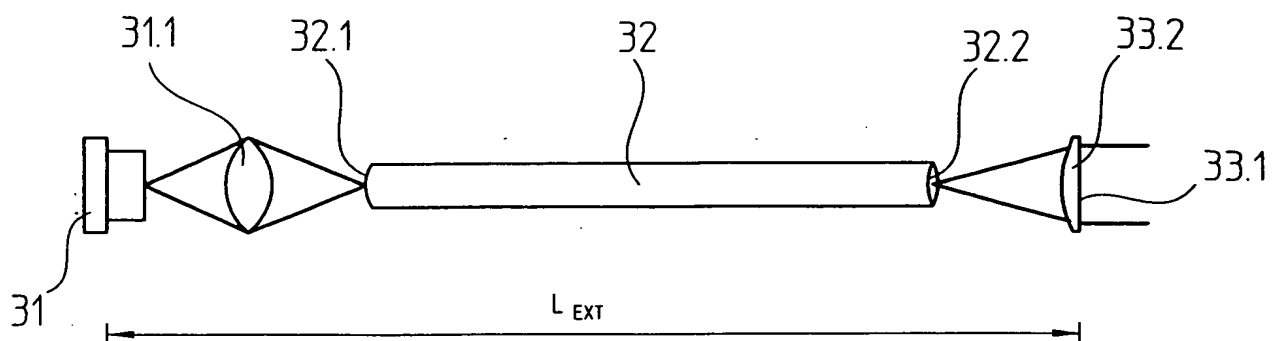


FIG. 5d

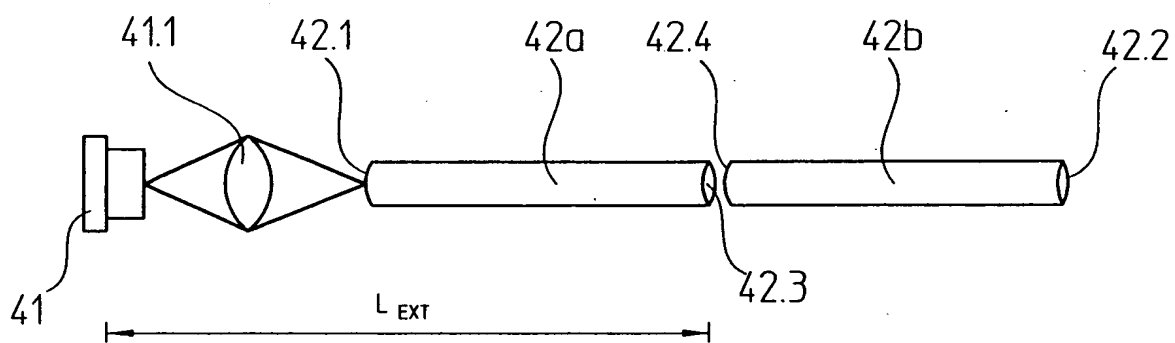


FIG. 5e

